

# 指差し動作を取り入れたインタラクティブ天文学習支援環境

## Interactive Learning Environment for Astronomy with Finger Pointing

曾我 真人<sup>\*1</sup>, 松井 康次<sup>\*2</sup>, 高関 和樹<sup>\*3</sup>, 石井 和樹<sup>\*1</sup>, 床井 浩平<sup>\*1</sup>  
Masato Soga, Koji Matsui, Kazuki Takaseki, Kazuki Ishii, Kohe Tokoi

<sup>\*1</sup> 和歌山大学システム工学部    <sup>\*2</sup> ナウプロダクション    <sup>\*3</sup> 和歌山県立古座高等学校  
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University    Now Production    Koza High School

We developed a learning environment for constellations with finger pointing by using magnetic position sensors. The feature of the system is using real night sky as learning contents. We had an experiment to investigate the learning effect by the system. This paper describes the principle of the system, method to evaluate the system, and the results.

### 1. はじめに

筆者らの研究室では天体探索を支援する研究を行っており、その中で指差し天体インタラクションシステムが構築されている[高関 2007]。これは指先に取り付けた磁気センサで指差した先の天体を検出し、その天体の情報をテキスト表示し、音声の読み上げでも情報を提示するというものである。これにより、天体から目を離すことなく天体の情報を得られるので、扱う上でのストレスが軽減されている。しかし、先行研究では天体の情報をテキストなどで提示するのみで学習支援機能がなかった。

一方、これまでの天文に対する学習は教科書などの説明文や図表を見ることがほとんどであり、また、これらは実際の夜空と比べて位置関係などが微妙に異なるので、実際の夜空を見たときに、即座に学習した天体と本物の天体を一致させるのは大変難しく、このことが原因で天体への興味を持ってもらうことの妨げになっている。

そこで、本研究では屋外で実際の星空を学習コンテンツとして使用できる星座学習支援環境を構築することを目指している。

### 2. 仮想プラネタリウム

#### 2.1 仮想プラネタリウムの機能

仮想プラネタリウムは、観測地の緯度経度の観測時刻から天球の状態を計算で求め、ディスプレイ上でシミュレートできるので、ユーザは実際に観測地で夜空を見上げて観測する場合と同様なイメージで、天体観測が出来る。出力画面の中央には照準が表示され、天体に照準を合わせると、天体名が描画され、音声でも出力される。また、星座線のほか、黄道 12 星座の星座絵を表示することも出来る。ユーザは仮想プラネタリウムを使用する際に初期設定を行わなければならない。まず、観測地の緯度経度を設定し、現在の時刻を PC から取得することによって、観測地で観測時刻の夜空をシミュレートする

#### 2.2 仮想プラネタリウムの操作方法

ユーザが、ISOTRAK II を使用するかどうかで仮想プラネタリウムの操作方法が異なる。ISOTRAK II を用いる場合、ユーザは ISOTRAK II のレーザーを指先に 1 つ装着し、もう 1 つを利き目の付近に装着する。次に指先に装着したレーザーを天体にかざし、視線をこのレーザーに向ける。レーザーはトランスミッタ

を原点とした空間内の 3 次元位置をリアルタイムで感知しており、2 個のレーザーの位置座標の差からユーザの視線ベクトルを計測する。これによって、システムが自動的に自分の指先している方向が常に画面中央の照準内に入るようにプラネタリウムを表示する。

逆に、ISOTRAK II を用いない場合、マウスを用いて操作する。左クリックで仮想プラネタリウムをドラッグすることで、プラネタリウムの見たいエリアを表示する。

### 3. 星座学習支援環境

#### 3.1 星座学習支援環境の特徴

星座学習支援環境は、ユーザとシステムの間において、双方向でのやり取りを実現することで、ユーザの星座学習を支援する。

#### 3.2 星座学習支援環境の操作

ユーザからの入力として、先行研究では、夜空の天体を指差すことで天体情報をディスプレイに表示した。これに加えて、恒星を指差しているときに Wii リモコンの A ボタンを押すことによって、仮想プラネタリウム上に線や目印を描画する。この機能を指差し描画機能と呼ぶ。また、ユーザが学習したい内容を選択し、実際の夜空で対象とする星座の学習をユーザ 1 人で行うこと出来る。この機能を自習演習機能と呼ぶ。本システムはこの 2 つの機能を備え、ユーザの星座学習を支援する。

本システムは、PC 本体 1 台、操作を行うための ISOTRAK II、Wii リモコンが各 1 台、出力用ディスプレイ、スピーカで構成される。

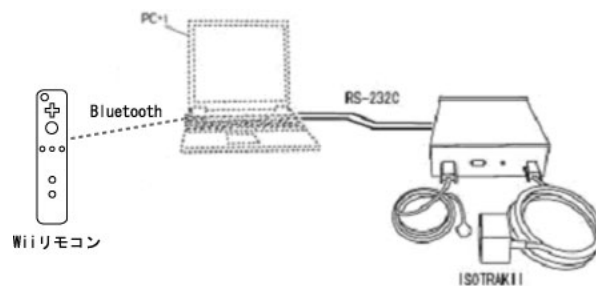


図1 システムの構成

前章で述べたように、指先と利き目の付近にレーザーを装着した状態で、指差し動作を用いて天体を検出する。仮想プラネ

連絡先: 曾我 真人

〒640 和歌山市栄谷 930 和歌山大学システム工学部  
soga@sys.wakayama-u.ac.jp

タリウム上の方位と実際の方角を一致させるために、実際の夜空にある星を指差しながら、仮想プラネタリウム上の同じ星が照準の中央に来るように ISOTRAK II のトランスミッタの向きを調節することでキャリブレーションをかける。

### 3.3 指差し描画機能

指差し描画機能とは、指差し動作を用いて、仮想プラネタリウム内に目印や、直線を描画する機能である。この機能は、実際の夜空での天体の位置関係を正確に把握する場合に効果的である。この機能は、後述する自習演習機能でも使用する。本システムでは、目印描画と直線描画を備え、ユーザーの操作によって使い分ける。

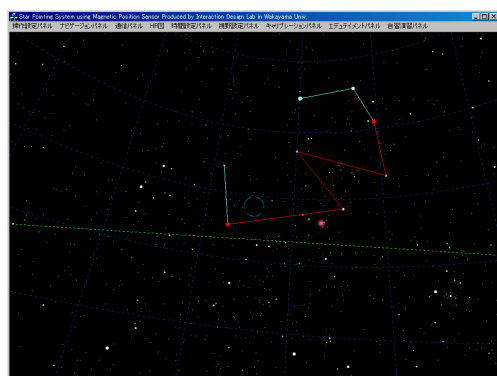


図2 指差し描画機能

#### (1) 目印描画

目印描画とは、ユーザーが検出した天体を大きく描き目立たせる機能である。目立たせることが可能な天体は恒星に限る。使用方法は、目標天体を画面中央の照準円内に入れ、Wii リモコンの A ボタンを押すことで目印を描画し、目印の描画されている天体でもう一度 A ボタンを押すことで目印を消すことができる。

#### (2) 直線描画

直線描画とは、ユーザーが任意の恒星と恒星の間に直線を描画できる機能である。使用方法は Wii リモコンの A ボタンを押したまま 2 つ以上の天体を検出すると、検出した順に天体の間に赤の仮線が描画される。そして、A ボタンを離すと最初に検出した天体と、最後に検出した天体の間に青い確定線を描画する。図2の赤い目印は、仮線の始点と終点を表している。これは確定線が出来ると自動で消える。

直線の消去方法は、Wii リモコンの Home ボタンを一度押すと、線が 1 本消え、裏面にある B ボタンを押すとすべての線と目印を消去する。また、パネルの操作でも線の消去が可能である。

### 3.4 自習演習機能

自習演習機能とは、ユーザーがシステム側から出題される問題を解いていく機能である。まず、ユーザーはパネルから学習したい内容を選択する。問題出題システムは、ユーザーが選択した問題内容と解答するためのヒントをダイアログと音声で伝える。同時に、問題出題システムは、解答添削エンジンに問題番号を送る。ユーザーは指差し描画機能を用いて解答を入力し、解答データを解答添削エンジンに送る。解答添削エンジンは、問題内容に応じた解答データベースを参考に添削を行い、結果を描画エンジンに送る。そして、描画エンジンは、送られてきたデータをもと

に描画を行う。ここでの結果の提示方法は、仮想プラネタリウムに画像を出力するほか、正解の場合、次の質問か、すべて正解したことをダイアログに表示し、音声でも伝える。不正解の場合、その旨をダイアログに表示し、音声で伝える。

解答結果を表示する時は、ユーザーが Wii リモコンの B ボタンを押さなければならない。これにより、結果を提示するタイミングをユーザーが指定でき、ユーザーの入力行為の妨げになることを防止している。

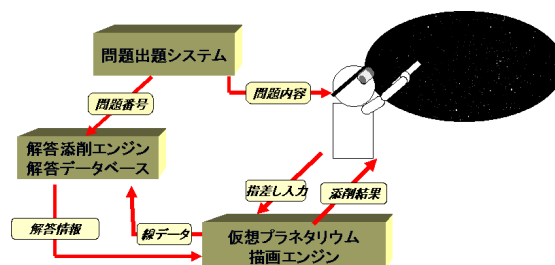


図3 システムの動作の流れ

本システムでは、星座知識に重点を置き、星座構成演習と 12 星座配置演習、恒星位置関係演習を備え、ユーザーが任意で選択できる。現時点で、評価実験を行ったのは星座配置演習のみであるので、ここでは、紙面の都合もあり、星座配置演習について述べる。

星座構成演習とは、ある星座を見つけるための特徴的な恒星や星の並び、一般的な星座線の引き方を出題する機能である(図4)。まず、対象となる星座をランダムで選択し、それに関する問題を提示する。ユーザーは、最初に対象の星座の近くにある有名な星座(オリオン座など)の恒星に目印を付けさせる。正しければ、星座線を白の点線で描画する。次に、対象の星座に含まれる恒星に目印をつけさせたり、星座線をユーザーに描画させる。その描画が正しければ色が黄色に変化する。

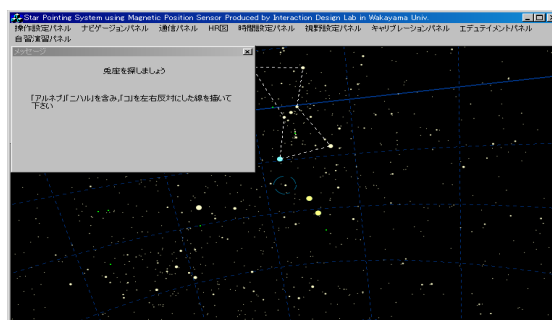


図4 星座構成演習

この機能を利用することで、実際の夜空での星座の特徴を、はじめに探索の目印となる星座を選択させることにより、簡単な周りの星座との位置関係を学習する機会を与える。最終的に、本システム無しでも、実際の夜空を見て、星座の特徴を見つけることができる可能性がある。

### 4. 支援環境の評価実験

構築した星座学習支援環境を用いて、実験を行った。被験者には実験を行った後、アンケート評価を行ってもらった。

#### 4.1 実験:本システムによる学習支援の有効性の検証

##### (1) 実験目的

本システムを屋外で使用する学習, 屋内で使用する学習, 及びペーパーテストでの学習について, 支援効果の比較を行うことで, 本システムの有効性を検証する。

##### (2) 実験概要

2008年2月17日～2月21日にかけて, 和歌山大学システム工学部A棟の屋上と, 同建物内のインタラクティブデザイン研究室で比較実験を行った。実験に使用した機器は, ISOTRSK II 1台, Wiiリモコン1台, ISOTRSK IIとWiiリモコンにそれぞれ接続されたPC1台, 映像出力用ディスプレイ1台, 音声出力用のスピーカ1台である。なお, 今回は, 被験者の学習をスムーズに行うため, ヘルパーをつけ, 各場面で被験者の学習をサポートする。

この実験では, システム工学研究科, システム工学部の学生9人(全て男性)を被験者とした。まず, アンケート調査として, 屋内で被験者に天文知識を問うアンケートを記入してもらい, 今回の実験の方法を説明した。また, 本システムを用いた学習の前に, システムを数分間自由に使用してもらい, 操作に慣れてもらった上で実験を行った。

まず, 屋内でペーパーテストを用いて学習してもらい, 次に屋内で本システムを用いて学習してもらい, その後, 屋外に移動し, 再度, 本システムを用いて学習してもらい, 今回は星座構成演習機能を用いて学習してもらい, 被験者は, 各学習で2つの星座を用意し, 計6回, 異なる星座の構成を学習してもらい, その後, 屋内で再びアンケートを記入してもらい, そして時間を置いて実際の夜空で星座を探索してもらい, 探索時間を計測する。被験者には, 各学習で出題された星座の中で1つ, 計3回, 星座探索を行ってもらい。

実験では, 被験者を三人一組に分け, カウンターバランスを考慮して, 表1のような割り当てとする。また, アンケート調査から, 被験者の天文知識の有無, 使用機器の装着感などを解析する。この実験では ISOTRSK II のレシーバと, Wii リモコンだけをユーザに装着してもらい, その他の機材はユーザに装着せずに荷台などの上に置く。

表1 被験者の学習内容

学習方法	被験者		
	被験者 1,4,7	被験者 2,5,8	被験者 3,6,9
ペーパーテスト	星座 1・4	星座 2・5	星座 3・6
システム(屋内)	星座 2・5	星座 3・6	星座 1・4
システム(屋外)	星座 3・6	星座 1・4	星座 2・5

##### 実験後アンケート

実験後に以下の各項目について, 5段階から選択して回答してもらった。

- ① 肉体的疲労感 ( 疲れる / 疲れない )
- ② 精神的疲労感 ( 疲れる / 疲れない )
- ③ 3次元位置センサの使用感 ( 不快 / 快適 )
- ④ Wiiリモコンの使用感 ( 不快 / 快適 )
- ⑤ 指を指して天体の情報が得られる機能 ( 無効 / 有効 )
- ⑥ 目印描画機能 ( 無効 / 有効 )
- ⑦ 直線描画機能 ( 無効 / 有効 )
- ⑧ 自習演習機能 ( 無効 / 有効 )

⑨ このシステムを使って星座学習すること ( 楽しい / 楽しくない )

⑩他にどのような機能があれば良いと思いますか

⑪その他,ご自由に意見をお書きください

この項目では, システムの使用感, 及び構築した機能の有効性について検証する。評価は5段階で, 各項目の評価基準については括弧内の項目が両端となる。⑩⑪については自由記述とする。

##### (3) タスク完了時間

屋内においてペーパーテストで学習した星座と, 屋内で本システムを用いて学習した星座, 屋外で本システムを用いて学習した星座を, 被験者に探索するタスクを与え, このタスクの完了時間を比較した。タスクの完了時間とは, 目標の星座を口頭で伝えられてから, 被験者が目標の星座に含まれる恒星や, 特徴的な恒星の配置を見つけ, それを発声するまでの時間と定義した。

##### (4) ペーパーテストによる学習

ペーパーテストを用いた学習については, 問題用紙に記載されている問題に対する解答を, 冬の夜空が描かれた解答用紙(図5)に直接書き込んでいってもらい, 全て解答し終えた後, 答えあわせを行った。このとき, 正解が書き込まれた用紙を配布する。本システムを用いた学習については, 自習演習機能を用いて, 表示される問題に対して解答を行った。また, 今回は, 各学習中にヘルパーがつく形式で行う。被験者が, 問題の意図を理解し切れなかった場合や, システムの操作に戸惑っている場合などに, 被験者の手助けをする。

以下に, 被験者に解答してもらったペーパーテストの問題内容の一例を示す。

星座1: 牡牛座について

問1. 牡牛の目に当たる星「アルデバラン」に印を付けなさい。

(ヒント:オリオン座の3つ星の右斜め上に延長した先にあります)

問2. 牡牛の角に当たる星「エルナト」に印を付けなさい。

問3. 上記2つの星を含んで牡牛の顔に当たるV字を描きなさい。アルデバランの近くにあるV字の星の並びも含みます

星座2: 御者座について

問1. 御者座の右肩に当たる星「メンカリナン」に印を付けなさい

(ヒント:御者座はオリオン座の頭上にあります)

問2. 老人に抱かれた山羊に当たる星「カペラ」に印を付けなさい

問3. 上記2つの星とエルナトを含んだ5角形を描きなさい

星座3: 双子座について

問1. 双子の弟の頭に当たる星「ポルックス」に印を付けなさい

(ヒント:双子座はオリオン座の左斜め上にあります)

問2. 双子の兄の頭に当たる星「カストル」に印を付けなさい

問3. ポルックスの足元に当たる「アルヘナ」から, 「ポルックス」, 「カストル」とカストルの足元に当たる星へ線を描きなさい

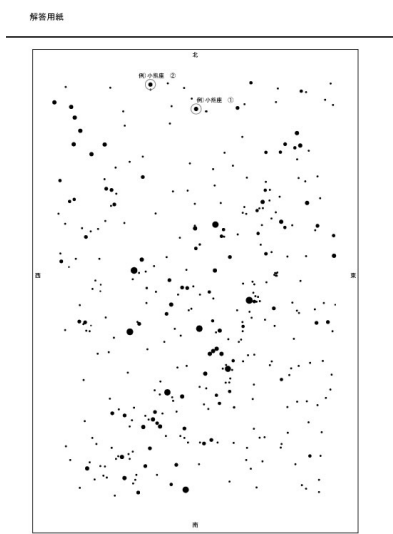


図5 ペーパーテスト用星図

## 4.2 実験結果

3 グループ 9 人の被験者について、ペーパーテスト、本システムの屋内、屋外での学習を行った後、実際の夜空を用いた星座探索の、計測したタスクの完了時間の平均値と統計量を表2に示す。ただし、目標星座を発見することが出来ず、探索に失敗した場合の探索時間は 180 秒とする。

表2 星座の探索時間(表内の単位:秒)

	ペーパーテスト		システム (屋内)		システム (屋外)	
被験者 1	88.4	星座 1	55.1	星座 2	<b>47.7</b>	星座 3
被験者 2	<b>26.1</b>	星座 2	52.8	星座 3	41.1	星座 1
被験者 3	<b>50.8</b>	星座 3	63.5	星座 1	117.5	星座 2
被験者 4	109.5	星座 1	49.8	星座 2	<b>9.4</b>	星座 3
被験者 5	99.8	星座 2	41.8	星座 3	<b>35.6</b>	星座 1
被験者 6	<b>111.7</b>	星座 3	155.5	星座 1	120.0	星座 2
被験者 7	時間切れ	星座 1	137.2	星座 2	<b>22.2</b>	星座 3
被験者 8	<b>4.8</b>	星座 2	35.5	星座 3	28.3	星座 1
被験者 9	46.1	星座 3	147.8	星座 1	<b>18.4</b>	星座 2
平均	67.20		82.163		48.96	

表2において、太字は、その被験者の3つのデータを比較して、探索時間が最小のものを示している。9名の被験者の結果から、システムを屋外で使用しながら学習した場合の探索時間が最小だったのは、9名中5名であった。一方、ペーパーテストで学習した場合の探索時間が最小だったのは、9名中4名であった。また、システムを屋内で使用しながら学習した場合の探索時間が最小だった被験者は皆無であった。

屋外で本システムを使用した場合と、ペーパーテストで学習した場合とで、大差が見られないことから、今回の実験では、本システムによる学習効果の優位性を証明することはできなかった。

理由は、いろいろ考えられる。まず、屋外での実験では、実験条件が統一しづらいことが挙げられる。空の透明度は、日によって違うため、見かけ上の星の明るさが異なる。透明度が悪い

と、1等星以外はほとんど見えないこともある。また、月明かりも、見かけ上の星の明るさを暗くする。実際に、本実験を行なった期間の後半は、月明かりに悩まされた。

また、ペーパーテストによる学習では、最も目立つオリオン座を起点として、各星座がどこにあるかをペーパー内に記述してある。しかし、本システムを用いる場合は、オリオン座を起点としては教えていない。指差した任意の星の名称と所属星座を音声で知らせてくれるからである。このことが、ペーパーテストによる学習に、思いのほかよい結果をもたらした可能性がある。

さらに、星座1~3について、見つけやすさが全く等しいかどうかは、判断が難しいところである。いずれも、1等星を含む代表的な星座であるが、オリオン座からの角距離が異なり、オリオン座を起点として探す場合に、探索時間に差が出る可能性がある。

今後は、実験条件をできるだけそろえて行なう必要がある。

## 4.3 事後アンケート結果

事後アンケートの結果を表3に示す。この表から、「肉体的疲労」、「精神的疲労」、「3次元位置センサの使用感」に対する評価が低く、それ以外の項目、特に機能の有効性に関する項目に対しては、評価が高い。低得点の項目に関しては、天体探索に指差し動作を用いたため、長時間腕を上げ続けることに被験者が疲労を感じたのではないかと考える。

表3 本システムのシステム評価

	1pt	2pt	3pt	4pt	5pt	平均
肉体的疲労感	2	6	1	0	0	1.89
精神的疲労感	1	2	1	3	2	2.78
3次元位置センサの使用感	1	4	3	1	0	2.44
Wiiリモコンの使用感	0	1	0	6	2	4
指を差して天体情報が得られる機能	0	1	1	2	5	4.22
目印描画機能	0	0	1	3	5	4.44
直線描画機能	0	1	2	5	1	3.67
自習演習機能	0	2	3	3	1	3.33
このシステムを使って星座学習すること	0	1	1	4	3	4

## 5. おわりに

本稿では、指差し動作を取り入れた星座学習支援環境における星座構成演習機能について説明を行い、評価実験の方法と結果について述べた。残念ながら、学習効果の有効性については、現時点で証明できていない。今後、実験条件をそろえることに留意しながら、実験を継続してゆく予定である。アンケート結果については、機能について、おおよそ支持されていることがわかった。

## 参考文献

[高関 2007] 高関和樹, 床井浩平, 曾我真人: 指差し天体情報提示システムの構築, 情報処理学会インタラクティブ 2007